

Kapazitive Sensoren zur Detektion des Füllstandes
eines Mediums in einem Behälter

Technisches Gebiet:

- 5 Die Erfindung betrifft kapazitive Sensoren mit einem Verstärker zur Detektion des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit nichtmetallischer Behälterwand, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie 15.

Stand der Technik:

- 10 Berührungslos arbeitende kapazitive Sensoren zur Erkennung des Füllstandes eines dielektrischen Mediums im Inneren von Behältern mit nichtmetallischen Wänden mittels Elektroden, die außen an dem Behälter angebracht sind, sind bekannt und finden z.B. in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, in der Wasseraufbereitung und in der Medizintechnik vielfache Anwendung. Das
15 Funktionsprinzip dieser Sensoren beruht darauf, daß eine Elektrode außen an der Behälterwand in einer bestimmten Höhe angebracht ist. Die Elektrode wird im folgenden „aktive Elektrode“ genannt und ist so angeordnet, daß bei Anlegen einer Spannung ein elektrisches Feld zwischen der aktiven Elektrode und Masse entsteht, das im wesentlichen durch den Behälter und das darin
20 enthaltene Medium verläuft. Das Medium kann eine Flüssigkeit oder z.B. auch ein Pulver sein.

- Da das Medium, z.B. Wasser oder eine wäßrige Lösung, eine höhere Dielektrizitätskonstante aufweist als Luft, wächst die Kapazität der aktiven Elektrode
25 gegenüber Masse mit zunehmendem Füllstand des Mediums in dem Behälter an. Diese Kapazität wird nachfolgend „aktive Kapazität“ genannt.

- Mittels einer geeigneten elektronischen Schaltung wird festgestellt, ob die Kapazität zwischen der aktiven Elektrode und Masse einen bestimmten kritischen Wert übersteigt oder nicht. In einer üblichen, dem Stand der Technik
30 entsprechenden Ausführungsform umfaßt eine solche Schaltung einen Verstärker, an dessen Eingang die aktive Elektrode angeschlossen und so positioniert ist, daß der Eingang durch die Kapazität der aktiven Elektrode gegenüber Masse kapazitiv belastet ist. Wird der Behälter mit einem Medium gefüllt, so
35 vergrößert sich die Kapazität der aktiven Elektrode gegenüber Masse, da die

Dielektrizitätskonstante aller festen und flüssigen Medien größer ist als diejenige von Luft. Die kapazitive Belastung des Eingangs des Verstärkers wächst also mit dem Füllstand des Mediums im Behälter an.

5 Der Verstärker ist ferner mit einer Rückkopplung versehen, und der Verstärkungsfaktor des Verstärkers ist so gewählt, daß der Verstärker aufgrund der Rückkopplung oszilliert, solange die den Eingang belastende Kapazität den kritischen Wert nicht übersteigt, wogegen die Oszillation des Verstärkers
10 abbricht und einem Nullsignal weicht, wenn die Kapazität größer ist als dieser kritische Wert oder umgekehrt. Mittels einer geeigneten zusätzlichen Schaltung, in die das Ausgangssignal des Verstärkers eingespeist wird, kann durch das Abbrechen oder Auftreten der Oszillation ein Schaltsignal ausgelöst werden. Typischerweise liegt die Frequenz der Oszillation um 1 MHz.

15 Die somit gegebene kritische Kapazität, die einer bestimmten kritischen Füllstandshöhe des Mediums im Behälter entspricht, definiert somit den Auslösepunkt des Sensors. Der Wert der kritischen Kapazität kann verändert werden, indem z.B. der Verstärkungsfaktor des Verstärkers verstellt wird. Hierdurch ist der Auslösepunkt des Sensors justierbar.

20

Ein wesentlicher Nachteil solcher Sensoren besteht darin, daß die aktive Kapazität nicht durch die Dielektrizitätskonstante und den Füllstand des Mediums allein bestimmt ist, sondern zusätzlich auch von den kapazitiven Eigenschaften des Behälters, d.h. von dessen Abmessungen und Form sowie von der Dielek-
25 trizitätskonstanten des Behältermaterials beeinflusst wird, da ein Teil der elektrischen Feldlinien zwischen der aktiven Elektrode und Masse die Wand des Behälters, nicht jedoch das Medium selbst durchläuft. Der Behälter wirkt aufgrund dieses Effektes als zusätzliche Kapazität, die sich der Kapazität des Mediums störend überlagert und im folgenden als „Behälter-Eigenkapazität“
30 bezeichnet wird.

Auch derjenige Teil der Feldlinien, der durch das Medium verläuft, durchquert beim Übergang von der aktiven Elektrode zum Medium und beim Übergang vom Medium zur Masse jeweils das Behältermaterial, da die Behälterwand sich
35 zwischen der aktiven Elektrode und dem Medium befindet und der Behälter-

boden sich zwischen Medium und Masse befindet. Diese Randbedingung äußert sich durch das Auftreten einer weiteren Kapazität, die in Serie mit der Kapazität des Mediums geschaltet ist und im folgenden „Übergangskapazität“ genannt wird.

5

Die aktive Kapazität umfaßt somit drei Einzelkapazitäten, von denen eine im wesentlichen durch Eigenschaften und Füllstand des Mediums bestimmt ist, während die beiden anderen im wesentlichen durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters bestimmt sind.

10

Durch den Einfluß des Behälters wird somit der Schalterpunkt des Sensors verschoben. Diesem Störeinfluß wird gemäß dem Stand der Technik durch eine entsprechende Justierung des Schalterpunktes Rechnung getragen. Bei Austausch des Behälters gegen einen solchen mit anderen Eigenschaften, z.B. gegen einen solchen aus einem Material mit anderer Dielektrizitätskonstante oder gegen einen solchen mit anderer Wandstärke, muß der Schalterpunkt neu justiert werden.

Ein weiterer erheblicher Nachteil von Sensoren, die dem Stand der Technik entsprechen, wird im folgenden dargestellt. In der Praxis kommt es in vielen Fällen vor, daß das Medium mit Teilen der Innenwände des Behälters selbst in Bereichen, die oberhalb des Füllstandsniveaus liegen, in Kontakt kommt und sie dadurch benetzt. Eine solche Benetzung oberhalb der Oberfläche des Mediums kann z.B. durch Schaumbildung, durch aufsteigende Blasen, durch Kapillarwirkung, durch Kondensation oder durch Wellenbildung aufgrund von Erschütterungen oder Rührvorgängen verursacht werden. Des weiteren kann eine solche Benetzung dadurch entstehen, daß das Füllstandsniveau des Mediums im Behälter z.B. durch Entnahme des Mediums abgesenkt wird, wobei an der Innenwand des Behälters eine benetzte Fläche zurückbleibt.

30

Erfahrungsgemäß kann bereits eine dünne Schicht des Mediums, die z.B. durch eine solche Benetzung der Seitenwand oder etwa auch durch die Bildung von Schaum über der Oberfläche des Mediums entsteht, bei Sensoren, die dem Stand der Technik entsprechen, zu erheblichen Fehlfunktionen führen. Die Ursache hierfür besteht darin, daß bereits eine solche dünne Schicht des

35

Mediums einen wesentlichen Beitrag zur Kapazität zwischen Elektrode und Masse liefern kann, so daß der Sensor nicht unterscheiden kann zwischen einer tatsächlichen massiven Füllung des Behälters und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters. Dieser
5 Umstand kann dazu führen, daß der Sensor auslöst, obwohl die Oberfläche des Mediums das kritische Füllstandsniveau nicht erreicht.

Die Möglichkeit, diese mit Benetzung der Behälterwand und Schaumbildung einhergehenden Probleme durch die Verwendung sehr hoher Oszillations-
10 frequenzen von typischerweise 50 MHz bis 1 GHz lösen, ist bekannt. Durch die Verwendung einer derart hohen Arbeitsfrequenz kann erreicht werden, daß der Sensor unterscheiden kann zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium. Das Betreiben eines Sensors unter sehr hohen Frequenzen
15 bringt jedoch den gravierenden Nachteil mit sich, daß das Auftreten von Reflexionen, stehenden Wellen und anderen Störungen innerhalb des Zuleitungskabels zwischen Oszillator und Elektrode stark begünstigt wird, wodurch die eindeutige Detektion des Füllstandes erschwert und der Schaltpunkt oftmals deutlich verschoben wird. Bei solchen Systemen kann bereits das bloße
20 Berühren des Zuleitungskabels mit der Hand zu einer erheblichen Verschiebung des Schaltpunktes führen.

Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung derart hoher Frequenzen betrifft die EMV-Problematik. Da die elektromagnetische Emission mit der Frequenz stark
25 zunimmt, ist die Einhaltung der entsprechenden gesetzlichen Emissions-Grenzwerte bei Verwendung derart hoher Frequenzen schwierig. Darüber hinaus muß das System gemäß EMV-Vorschrift so eingerichtet sein, daß eine elektromagnetische Einstrahlung von außen mit einer Feldstärke von 3 V/m im Frequenzbereich von 80 MHz bis 1 GHz keine Funktionsstörung des Systems
30 verursacht. Auch diese Forderung ist bei Betreiben des Sensors mit den oben genannten sehr hohen Frequenzen nur schwer zu erfüllen.

Derartige Niveauschalter sind zum Beispiel in den Druckschriften DE-A- 42 17 305, DD-A- 221 549 sowie DE-A- 44 33 677 beschrieben.

Technische Aufgabe:

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen berührungslos arbeitenden kapazitiven Sensor bereitzustellen, der auslöst, wenn der Füllstand eines Mediums in einem Behälter oberhalb oder auch unterhalb einer bestimmten kritischen Schwelle liegt, wobei der störende Einfluß der kapazitiven Eigenschaften des Behälters zu einem wesentlichen Teil neutralisiert ist; ebenso soll sich der Auslösepunkt des berührungslos arbeitenden kapazitiven Sensors bei einer Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums nur unwesentlich verschieben.

10

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen kapazitiven Sensor mit einem Verstärker zur Detektion des Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit nichmetallischer Behälterwand, umfassend eine erste Elektrode, die an den Eingang des Verstärkers angeschlossen ist und gegenüber Masse mit einer ersten Kapazität behaftet ist, so daß der Eingang des Verstärkers kapazitiv belastet ist, wobei die Elektrode so angeordnet ist, daß das durch das Signal zwischen der Elektrode und Masse entstehende elektrische Feld im wesentlichen durch den Behälter und das Medium verläuft, so daß die Größe der ersten Kapazität einerseits mit zunehmendem Füllstand des Mediums in dem Behälter anwächst und andererseits durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters beeinflusst ist, eine zweite Elektrode, die an den Ausgang des Verstärkers angeschlossen ist, und eine dritte Elektrode, die an den Eingang des Verstärkers angeschlossen ist, wobei sich die zweite Elektrode und die dritte Elektrode in einem Abstand zueinander befinden und so positioniert sind, daß zwischen ihnen eine zweite Kapazität besteht, deren Größe wesentlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters und nur unwesentlich durch den Füllstand des Mediums im Behälter beeinflusst ist und die eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers darstellt, und ferner umfassend einen Kondensator, der eine dritte Kapazität aufweist, wobei die eine Elektrode des Kondensators an den Ausgang und die andere Elektrode des Kondensators an den Eingang des Verstärkers angeschlossen ist, so daß der Kondensator parallel zu der zweiten Kapazität ebenfalls eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers darstellt, wobei die Kapazität des Kondensators so gewählt ist, daß der Verstärker aufgrund der kapazitiven Rückkopplung nur dann oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums im Behälter und damit die erste Kapazität jeweils

35

unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen, wobei die zweite Kapazität dem den Eingang des Verstärkers belastenden kapazitiven Einfluß des Behälters entgegenwirkt, so daß der kapazitive Einfluß des Behälters reduziert ist.

5 In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung wird als Verstärker ein Verstärker mit einer solchen Eigenfrequenz verwendet, daß die Belastung des Eingangs des Verstärkers durch den ohmschen und kapazitiven Widerstand zwischen der Elektrode und Masse so beeinflusst ist, daß der Verstärker oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums in dem Behälter unterhalb einer
10 vorgegebenen Schwelle liegt und die Innenseite der Wand des Behälters oberhalb der Oberfläche des Mediums bzw. oberhalb der Schwelle mit einer Schicht des Mediums behaftet ist oder wenn oberhalb der Oberfläche des Mediums Schaum vorliegt. Andererseits wird die Belastung des Eingangs des Verstärkers so beeinflusst, dass die Störungen, die durch das Auftreten von
15 Reflexionen, stehenden Wellen und anderen Einflüssen innerhalb des Zuleitungskabels zwischen Oszillator und Elektrode verursacht werden, unerheblich sind und die geltenden EMV-Vorschriften eingehalten werden. In höchst vorteilhafter Weise ist dann eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums als solche zu erkennen und
20 von einer tatsächlichen, massiven Füllung des Behälters zu unterscheiden.

Entscheidend ist somit die Wahl der Arbeitsfrequenz. Durch eine höhere Arbeitsfrequenz als in der herkömmlichen Sensorik üblich, kann der kapazitive Blindwiderstand zwischen den Elektroden und dem Medium reduziert werden.
25 Dieser Blindwiderstand der Ankopplung an das Medium wird nun deutlich kleiner als der reelle Widerstand feuchter Anhaftungen und Schäume. Somit kann der Sensor berührungslos durch die Behälterwand, in einem gewissen Umfang, auch den Leitwert des dahinter befindlichen Mediums auswerten. Dünne Wasserfilme und Schäume bewirken gemäß der Strömungsfeldtheorie
30 eine höhere Stromdichte und somit einen wesentlich geringeren Leitwert als das kompakte Medium. Somit wird eine Unterscheidung zwischen einem vollen Gefäß und dünnen Wasserfilmen möglich, welche durch Betauung oder anhaftende, schäumende Medien entstehen. Die Kompensationselektrode, in den Figuren 2 oder 3 die Elektrode 12, greift in diesen Prozeß unterstützend
35 ein. In der herkömmlichen Sensorik sind die Arbeitsfrequenzen deutlich

niedriger gewählt und deshalb sind die kapazitiven Blindwiderstände der Kopplung zum Medium höher als die reellen Widerstände von Anhaftungen. Für den Stand der Technik stellen deshalb ein volles Gefäß und eine Anhaftung immer einen "Kurzschluß" gegen Erde dar und können nicht unterschieden
5 werden.

Bei einem erfindungsgemäßen Sensor erfolgt die Rückkopplung durch zwei parallel geschaltete Kapazitäten. Die eine dieser Kapazitäten wird durch einen Kondensator von konstanter, vom Füllstand des Mediums im Behälter und von
10 den kapazitiven Eigenschaften des Behälters unabhängigen Kapazität gebildet und im folgenden „feste Rückkopplungs-Kapazität“ genannt. Dieser Kondensator hat die Aufgabe, ein Oszillieren des Verstärkers immer dann zu gewährleisten, wenn die kapazitive Belastung des Eingangs unterhalb der kritischen Füllstandshöhe liegt.

15 Die andere dieser Kapazitäten wird durch zwei Elektroden gebildet, die so positioniert sind, daß die zwischen ihnen bestehende Kapazität, die im folgenden „Kompensations-Kapazität“ genannt wird, wesentlich durch Eigenschaften des Behälters bestimmt ist. Dies wird vorteilhaft dadurch erreicht, daß
20 beide Elektroden in einem Abstand zueinander nahe an der Behälterwand angebracht und so ausgerichtet sind, daß das zwischen beiden Elektroden verlaufende elektrische Feld zu einem wesentlichen Teil im Inneren der Behälterwand verläuft. Diejenige dieser beiden Elektroden, die an den Ausgang des Verstärkers angeschlossen ist, wird im folgenden Kompensations-Elektrode
25 genannt. Bei gegebener Oszillationsfrequenz des Verstärkers ist die Rückkopplung um so intensiver, je größer die Kompensations-Kapazität ist.

Erfindungsgemäß üben die kapazitiven Eigenschaften des Behälters somit zwei gegenläufige Einflüsse auf die Größe des Eingangssignals des Verstärkers aus:
30

Einerseits erhöhen die kapazitiven Eigenschaften des Behälters die aktive Kapazität, was den Ausgang des Verstärkers kapazitiv belastet und das Eingangssignal des Verstärkers verkleinert. Andererseits verstärken die kapazitiven Eigenschaften des Behälters die kapazitive Rückkopplung des
35 Verstärkers, was das Eingangssignal vergrößert.

Diese gegenläufigen Wirkungen neutralisieren sich zumindest teilweise gegenseitig. Durch geeignete Wahl des Anbringungsortes und der Abmessungen der betreffenden Elektroden läßt es sich erreichen, daß sich diese Wirkungen näherungsweise gegenseitig aufheben. In diesem Fall ist der Einfluß kapazitiven Eigenschaften des Behälters auf den Schalterpunkt des Sensors weitgehend eliminiert. Eine Neujustierung des Sensors bei Verwendung eines Behälters mit anderen kapazitiven Eigenschaften, z.B. eines Behälters aus einem anderen Material oder mit anderer Wandstärke, kann somit in sehr vielen Fällen entfallen, was für zahlreiche Anwendungen einen erheblichen Vorteil darstellt. Die Verwendung von Behältern mit sehr großer Wandstärke, die z.B. aus Gründen der Wärmedämmung zweckmäßig sein kann, wird für viele Anwendungen erst bei Einsatz eines erfindungsgemäßen Sensors sinnvoll.

Einen weiteren Vorteil bringt der Umstand mit sich, daß der Auslösepunkt eines erfindungsgemäßen Sensors nicht nur bei Austausch eines Behälters gegen einen solchen mit anderen kapazitiven Eigenschaften weitgehend stabil bleibt, sondern auch dann, wenn sich die kapazitiven Eigenschaften ein- und desselben Behälters während des Betriebes des Sensors verändern.

Dies kann z.B. dann der Fall sein, wenn eine heiße Flüssigkeit in den Behälter eingefüllt wird, die sich anschließend abkühlt. Aufgrund von Temperaturänderung verändert sich die Dielektrizitätskonstante des Behältermaterials und damit der kapazitive Einfluß des Behälters. Bei Verwendung eines Sensors, der dem Stand der Technik entspricht, wird der Auslösepunkt daher mit einer Temperaturdrift behaftet sein, der oftmals mit entsprechenden Neujustierungen des Schalterpunktes begegnet werden muß. Bei Einsatz eines erfindungsgemäßen Sensors hingegen kann dieser Aufwand in vielen Fällen entfallen, da hier der Auslösepunkt gegenüber dem kapazitiven Einfluß des Behälters und damit auch gegenüber einer Änderung dieses Einflusses stabilisiert ist.

Ein erfindungsgemäßer Sensor unterscheidet sich von einem dem Stand der Technik entsprechenden Sensor auch durch seine Arbeitsfrequenz, d.h. die Frequenz, mit der der Verstärker oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums im Behälter unterhalb des kritischen Füllstandes liegt.

Wie vorstehend erwähnt, weisen herkömmliche Sensoren eine Arbeitsfrequenz auf, die mit typischerweise 100 kHz bis cirka 1,5 MHz so niedrig ist, daß bei Vorliegen einer Benetzung der Behälterinnenwand oder bei Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums erhebliche Fehlmessungen resultieren können, wobei dieses Problem durch die Verwendung sehr hoher Oszillationsfrequenzen von typischerweise 50 MHz bis 1 GHz gelöst werden kann, was jedoch andere wesentliche Nachteile mit sich bringt.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wurde herausgefunden, daß diese Nachteile bei Verwendung einer Arbeitsfrequenz im Bereich von ca. 4 MHz bis ca. 10 MHz weitgehend eliminiert sind, während der wesentliche Vorteil, daß eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums aufgrund ihrer Leitfähigkeit als solche erkannt und von einer tatsächlichen, massiven Füllung des Behälters unterschieden werden können, dennoch erhalten bleibt. Ein erfindungsgemäßer Sensor ist demnach in der Lage, durch Wahl der Arbeitsfrequenz im Bereich zwischen ca. 4 MHz und ca. 10 MHz gleichzeitig die kapazitiven Eigenschaften und die Leitfähigkeit des Mediums zur Detektion des Füllstandes auszunutzen.

Die Fähigkeit eines erfindungsgemäßen Sensors, eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums aufgrund ihrer Leitfähigkeit als solche zu erkennen und von einer tatsächlichen, massiven Füllung des Behälters zu unterscheiden, beruht auf dem nachfolgend erläuterten Prinzip. Wenn der tatsächliche, massive Füllstand des Mediums unterhalb des kritischen Füllstandes liegt und oberhalb der Oberfläche des Mediums eine Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung vorliegt, dann stellt der dünne Flüssigkeitsfilm einen Widerstand dar, der in erster Näherung nicht von der Frequenz abhängt und der zwischen die Übergangskapazität und die Kapazität des Mediums geschaltet ist. Der Flüssigkeitsfilm wirkt somit als ohmscher Widerstand zwischen zwei kapazitiven Widerständen. Der Eingang des Verstärkers wird durch den Summenwert dieser drei Widerstands-Komponenten belastet.

Bei Verwendung einer niedrigen Arbeitsfrequenz sind diese kapazitiven Widerstände sehr hoch, da sich der kapazitive Widerstand umgekehrt proportional

zur Frequenz verhält. Der ohmsche Widerstand liefert daher in diesem Fall nur einen relativ geringen Beitrag zur Widerstandssumme, d.h. der Flüssigkeitsfilm spielt für die Belastung des Eingangs des Verstärkers nur eine untergeordnete Rolle. Für die Widerstandssumme und damit für die Auslösung des Sensors ist es daher unerheblich, ob eine tatsächliche massive oder eine scheinbare, durch Benetzung oder Schaum vorgetäuschte Füllung des Behälters mit dem Medium vorliegt.

Bei Verwendung einer sehr hohen Arbeitsfrequenz hingegen sind diese kapazitiven Widerstände sehr niedrig. Der ohmsche Widerstand liefert daher in diesem Fall einen relativ großen Beitrag zur Widerstandssumme, d.h. der Flüssigkeitsfilm spielt für die Belastung des Eingangs des Verstärkers eine wesentliche Rolle. Für die Widerstandssumme und damit für die Auslösung des Sensors ist es daher entscheidend, ob eine tatsächliche massive Füllung des Behälters (niedriger ohmscher Widerstand, Sensor löst aus) oder eine scheinbare, durch Benetzung oder Schaum vorgetäuschte Füllung des Behälters (hoher ohmscher Widerstand, Sensor löst nicht aus) vorliegt.

In einer weiteren erfindungsgemäß bevorzugten Ausgestaltung des Sensors besteht eine Elektrode des Sensors aus einer Mehrzahl von miteinander verbindenden Elektroden. Vorzugsweise ist dabei mindestens eine Elektrode im Inneren des Behälters angeordnet und taucht bei Überschreiten eines bestimmten Füllstandes in das Medium ein.

In einer weiteren Ausgestaltung des Sensors fallen die erste Elektrode und die dritte Elektrode zusammen und bilden somit eine erste kombinierte Elektrode. Oder die erste Elektrode und die verstärkereingangsseitige Elektrode des Kondensators können zusammenfallen und somit eine kombinierte Elektrode bilden. Gleichermaßen ist es möglich, daß die erste Elektrode, die dritte Elektrode und die verstärkereingangsseitige Elektrode des Kondensators zusammenfallen und somit eine zweite kombinierte Elektrode bilden. In einer weiteren Ausführungsform kann die zweite Elektrode und die verstärkerausgangsseitige Elektrode des Kondensators zusammenfallen und somit eine dritte kombinierte Elektrode bilden. In einer weiteren Ausführungsform können die erste kombinierte Elektrode und die zweite kombinierte Elektrode mechanisch

starr miteinander verbunden sein. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können die erste kombinierte Elektrode und die zweite kombinierte Elektrode konzentrisch angeordnet sein.

- 5 In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung weist die dritte kombinierte Elektrode eine erste Platte und eine ausgesparte zweite Platte auf, die mittels eines Leiters mit der ersten Platte verbunden ist, in einem Abstand von der ersten Platte und konzentrisch zu dieser angeordnet ist, wobei die erste kombinierte Elektrode in einer Ebene mit der ausgesparten zweiten Platte liegt und
10 innerhalb der Aussparung angeordnet ist. Dabei können die erste Platte auf einer Seite einer Leiterplatte und die ausgesparte zweite Platte und die zweite kombinierte Elektrode auf der anderen Seite der Leiterplatte aufgebracht sein.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Sensor Teil einer solchen
15 Schaltung, die ein Schaltsignal liefert, wenn der Verstärker nicht oszilliert.

Kurzbeschreibung der Zeichnung, in der zeigen:

- Fig. 1 ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Sensors mit den für seine Funktion maßgeblichen Kapazitäten,
20 Fig. 2 eine schematische Skizze einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors und den Verlauf der elektrischen Felder bei einem Füllstand, der höher ist als der kritische Füllstand,
Fig. 3 eine schematische Skizze einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Sensors und den Verlauf der elektrischen Felder bei
25 einem Füllstand, der niedriger ist als der kritische Füllstand,
Fig. 4 eine Querschnittsansicht des Behälters, an dessen Innenwänden eine Schicht des Mediums anhaftet,
Fig. 5 eine Querschnittsansicht einer bevorzugten Anordnung der Elektroden,
Fig. 6 eine Frontalansicht einer bevorzugten Anordnung der Elektroden,
30 Fig. 7 eine Frontalansicht einer anderen Anordnung der Elektroden, und
Fig. 8 eine Frontalansicht einer wiederum anderen Anordnung der Elektroden.

Wege zur Ausführung:

- Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild eines erfindungsgemäßen Sensors mit den für
35 seine Funktion maßgeblichen Kapazitäten. Der Eingang 3 eines Verstärkers 1

ist mit einer Elektrode 11 verbunden, die die aktive Elektrode des Sensors darstellt. Die aktive Elektrode 11 ist vorzugsweise nahe der Wand 31 an der Außenseite des Behälters 30 und in einer bestimmten Höhe über dem Boden 32 des Behälters 30 angebracht.

5

Die aktive Elektrode 11 ist gegenüber der Masse 50 mit einer Kapazität 21 behaftet, die sich, wie oben erläutert, aus einer Übergangskapazität 27 und einer mit dieser in Serie wirkenden Kapazität 25 des Mediums 35 sowie einer zu diesen parallel wirkenden Eigenkapazität 26 des Behälters 30 zusammensetzt (Fig. 1). Nur die Kapazität 25 des Mediums 35 ist vom Füllstand abhängig. Wenn der Füllstand steigt, so wächst die Kapazität 25 des Mediums 35 und damit auch die aktive Kapazität 21 an, so daß die kapazitive Belastung am Eingang 3 des Verstärkers 1 vergrößert wird.

15 Die feste Rückkopplungs-Kapazität 24 wird durch einen Kondensator 24a hergestellt. Sie gewährleistet, daß der Verstärker 1 stets dann oszilliert, wenn der Füllstand im Behälter einen kritischen Wert unterschreitet, der z.B. durch die Wahl des Verstärkungsfaktors beeinflusst werden kann. In einer bevorzugten Ausführungsform wird bei Überschreiten des kritischen Füllstandes mittels
20 einer geeigneten Schaltung, die z.B. einen Gleichrichter, ein Integrationsglied und einen Komparator umfassen kann, ein Schaltsignal ausgelöst.

In einem Abstand von der aktiven Elektrode 11 ist eine Elektrode 12 angebracht, die mit dem Ausgang 4 des Verstärkers 1 verbunden ist und die die
25 Kompensationselektrode des erfindungsgemäßen Sensors darstellt. Sie ist gegenüber einer Elektrode 13, die an den Eingang 3 des Verstärkers 1 angeschlossen ist, mit einer Kapazität 22 behaftet, wobei die Elektroden 12 und 13 so positioniert sind, daß das zwischen ihnen bei Anliegen einer Spannung vorhandene elektrische Feld zu einem wesentlichen Teil durch das Behältermaterial verläuft. Die Kapazität 22 stellt die Kompensations-Kapazität des
30 erfindungsgemäßen Sensors dar. Der Einfluß der Kapazität 22 wirkt dem Einfluß der Behälterkapazität erfindungsgemäß entgegen.

Nun wird auf Fig. 2 und Fig. 3 Bezug genommen, die eine Ausführungsform der
35 Erfindung zeigen, in der die Elektrode 13 vorteilhafterweise mit der aktiven

Elektrode 11 zu einer ersten kombinierten Elektrode 11a vereinigt ist, so daß zwischen der ersten kombinierten Elektrode 11a und der Kompensations-Elektrode 12 die Kompensations-Kapazität 22 besteht. Bei Anliegen einer Spannung zwischen diesen beiden Elektroden stellt sich ein elektrisches Feld 42 ein, das im wesentlichen durch die Behälterwand 31 verläuft, so daß die Kompensations-Kapazität 22 erfindungsgemäß von den kapazitiven Eigenschaften des Behälters 30 abhängt.

Der Behälter 30 ist in Fig. 2 bis zu einer Höhe H mit dem Medium 35 gefüllt, die höher ist als die kritische Füllstandshöhe. Fig. 2 zeigt das elektrische Feld 41 (gestrichelt eingezeichnet), das sich in diesem Fall bei Anliegen einer Spannung zwischen der ersten kombinierten Elektrode 11a und Masse 50 einstellt (die Brechung der Feldlinien an Grenzflächen wurde in der Zeichnung nicht berücksichtigt). Ein wesentlicher Teil 41b des elektrischen Feldes 41 durchläuft das Medium 35, wobei dieser Teil des elektrischen Feldes auch die Behälterwand 31 und den Behälterboden 32 durchquert, was mit der Übergangskapazität 27 in Fig. 1 korrespondiert. Ein anderer Teil 41a des elektrischen Feldes 41 durchläuft das Medium 35 nicht, sondern verläuft im wesentlichen innerhalb der Behälterwand 31, was mit der Behälter-Eigenkapazität 26 in Fig. 1 korrespondiert. Die kapazitive Belastung des Eingangs 3 des Verstärkers 1 ist aufgrund des hohen Füllstandes so groß, daß der Verstärker 1 nicht oszilliert. Am Ausgang 4 des Verstärkers liegt daher ein Nullsignal 2a an.

In Fig. 3 ist der Behälter 30 bis zu einer Höhe h, die geringer als die Höhe H in Fig. 2 und geringer als die kritische Füllstandshöhe ist, mit dem Medium 35 gefüllt. Man erkennt, daß ein Teil 41c des elektrischen Feldes 41 (gestrichelt eingezeichnet), das sich in diesem Fall bei Anliegen einer Spannung zwischen der ersten kombinierten Elektrode 11a und Masse 50 einstellt, nicht mehr durch das Medium 35 verläuft, sondern oberhalb der Oberfläche 36 des Mediums 35 durch Luft verläuft, wodurch die aktive Kapazität 21 (Fig. 1) gegenüber dem in Abb. 2 gezeigten Fall reduziert ist. Die kapazitive Belastung des Eingangs 3 des Verstärkers 1 ist aufgrund des niedrigen Füllstandes so niedrig, daß der Verstärker 1 oszilliert. Am Ausgang 4 des Verstärkers liegt daher ein Signal 2 an.

Fig. 4 zeigt eine Querschnittsansicht des Behälters 30, der bis zu einer bestimmten Höhe mit dem Medium 35 gefüllt ist. Oberhalb der Oberfläche 36 des Mediums 35 haftet an der Innenseite der Behälterwand 31 eine Schicht 37 des Mediums an. Um die Unterscheidungsfähigkeit zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium unter gleichzeitiger Ausnutzung der kapazitiven Eigenschaften des Mediums und seiner Leitfähigkeit zu erreichen, wird der Sensor erfindungsgemäß mit einer Arbeitsfrequenz von typischerweise 4 MHz bis 10 MHz betrieben. In einer bevorzugten Ausführungsform liegt die Arbeitsfrequenz bei ca. 7 MHz. Andere Arbeitsfrequenzen sind möglich und können z.B. durch entsprechende Bestückung bzw. Parametrierung des Verstärkers 1 realisiert werden.

In Fig. 5 ist ein erfindungsgemäßer Sensor mit einer bevorzugten Ausführungsform der Elektroden gezeigt, bei der die Elektroden mechanisch starr miteinander verbunden sind. Die Elektroden 11, 13 und 15 sind zu einer scheibenförmigen zweiten kombinierten Elektrode 11b vereinigt. Gleichzeitig sind die Elektroden 12, 14 zu einer dritten kombinierten Elektrode 12b vereinigt, die eine scheibenförmige Rückenplatte 60 und eine ausgesparte Frontplatte 62 umfaßt, die mittels eines elektrisch leitenden hohlzylindrischen Abstandshalters 61 an ihren Außenrändern elektrisch leitend und mechanisch starr miteinander verbunden sind. Die zweite kombinierte Elektrode 11b ist konzentrisch in der Aussparung der ausgesparten Frontplatte 62 angebracht und liegt mit der ausgesparten Frontplatte 62 in einer Ebene (Fig. 6). Die Rückenplatte 60 weist eine zentrische Bohrung 63 auf, die als Durchführung für den elektrischen Anschluß der zweiten kombinierten Elektrode 11b dient. Die feste Rückkopplungs-Kapazität 24 wird in dieser Ausführungsform im wesentlichen durch die zweite kombinierte Elektrode 11b und die Rückenplatte 60 gebildet, während die Kompensations-Kapazität im wesentlichen durch die zweite kombinierte Elektrode 11b und die ausgesparte Frontplatte 62 gebildet wird.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform sind die zweite kombinierte Elektrode 11b und die ausgesparte Frontplatte 62 jeweils als Leiterbahnen auf

einer Seite einer Isolierschicht ausgebildet, während die Rückenplatte 60 als Leiterbahn auf der anderen Seite der Isolierschicht ausgebildet ist. Die Isolierschicht besteht in einer bevorzugten Ausführungsform aus einem Leiterplattenmaterial, das z.B. vom Typ Fr4 sein kann.

5

Andere geometrische Anordnungen der Elektroden sind möglich. Fig. 7 zeigt eine Ausführungsform, in der die zweite kombinierte Elektrode 11b von rechteckiger Form ist. Die ausgesparte Frontplatte 62 (Fig. 6) ist dabei durch zwei Leiterstreifen 62a ersetzt, die sich an gegenüberliegenden Seiten der zweiten kombinierten Elektrode 11b befinden. Fig. 8 zeigt eine weitere Ausführungsform, in der die zweite kombinierte Elektrode 11b von rechteckiger Form und von einem Leiterstreifen 62a umrandet ist.

10

In einer anderen nicht gezeigten Ausführungsform weist der Sensor mindestens eine Gruppe aus einer Mehrzahl von miteinander verbindenden Elektroden auf. Z.B. kann die aktive Elektrode 11 aufgespalten sein in eine Mehrzahl von miteinander verbundenen Abschnitten, die an verschiedenen Orten angeordnet sind. Eine Anwendung dieser Ausführungsform besteht z.B. in der simultanen Überwachung der Füllstände in mehreren Behältern, bei der eine Auslösung des Sensors erwünscht ist, wenn in mindestens einem der Behälter ein bestimmter kritischer Füllstand überschritten ist.

15

20

In einer weiteren nicht gezeigten Ausführungsform ist die aktive Elektrode 11 innerhalb des Behälters 30 nahe dessen Innenwand so angeordnet, daß sie in das Medium 35 eintaucht, wenn der Füllstand einen bestimmten Wert überschreitet. Der Betrieb des Sensors wird durch diese Anordnung nicht beeinträchtigt. Falls nach einer darauf folgenden Absenkung des Füllstandes Benetzung der Innenwände des Behälters 30 oder Schaumbildung bis in die Anbringungshöhe der aktiven Elektrode 11 vorliegt, ist auch die Elektrode 11 selbst von Benetzung betroffen. In einer Ausführungsform der Erfindung, in der der Oszillator mit einer Arbeitsfrequenz im Bereich von ca. 4 MHz bis ca. 10 MHz betrieben wird, ist die Unterscheidungsfähigkeit zwischen einer massiven und einer scheinbaren, durch Benetzung oder Schaumbildung vorgetäuschten Füllung des Behälters mit dem Medium weiterhin gegeben.

25

30

Erfindungsgemäß können die Elektroden innerhalb oder außerhalb des Behälters angeordnet sein.

5 In einer weiteren nicht gezeigten Ausführungsform der Erfindung ist der Sensor gegen ein Eindringen des Mediums gesichert und innerhalb des Behälters 30 so angeordnet, daß der Sensor in das Medium 35 eintaucht, wenn der Füllstand einen bestimmten Wert überschreitet.

Gewerbliche Anwendbarkeit:

10 Die erfindungsgemäßen, berührungslos arbeitenden kapazitiven Sensoren sind insbesondere zur Detektion eines Füllstandes eines Mediums in einem Behälter mit nichtmetallischer Behälterwand geeignet. Die Nützlichkeit der Sensoren liegt darin, dass sie auslösen, wenn der Füllstand eines Mediums in einem Behälter oberhalb oder auch unterhalb einer bestimmten kritischen Schwelle
15 liegt, wobei jedoch störende Einflüsse der kapazitiven Eigenschaften des Behälters zum wesentlichen Teil neutralisiert sind. Höchst vorteilhaft verschiebt sich der Auslösepunkt der Sensoren bei einer Benetzung der Behälterinnenwand oder Schaumbildung über der Oberfläche des Mediums nicht bzw. nur unwesentlich. Deshalb können die Sensoren vorteilhaft zwischen
20 einem vollen Gefäß und einem teilweise leeren Gefäß mit Anhaftungen des Mediums auf der inneren Gefäßwandung oder mit Schaum auf der Oberfläche des Mediums unterscheiden.

Bezugszeichenliste:

- 1 Verstärker
- 2 Wechselfspanungssignal am Eingang des Verstärkers
- 3 Eingang des Verstärkers
- 5 4 Ausgang des Verstärkers
- 11 erste Elektrode (aktive Elektrode)
- 11a erste kombinierte Elektrode (aus den Elektroden 11, 13)
- 11b zweite kombinierte Elektrode (aus den Elektroden 11, 13, 15)
- 12 zweite Elektrode (Kompensations-Elektrode)
- 10 12b dritte kombinierte Elektrode (aus den Elektroden 12, 14)
- 13 dritte Elektrode
- 14 verstärkerausgangsseitige Elektrode des Kondensators
- 15 verstärkereingangsseitige Elektrode des Kondensators
- 21 erste Kapazität (aktive Kapazität)
- 15 22 zweite Kapazität (Kompensations-Kapazität)
- 24 dritte Kapazität (feste Rückkopplungs-Kapazität)
- 24a Kondensator
- 25 Kapazität des Mediums
- 26 Behälter-Eigenkapazität
- 20 27 Übergangskapazität
- 30 Behälter
- 31 Behälterwand
- 32 Behälterboden
- 35 Medium
- 25 36 Oberfläche des Mediums
- 37 an der Behälterwand anhaftende Schicht des Mediums
- 41 elektrisches Feld zwischen erster Elektrode und Masse
- 42 elektrisches Feld zwischen erster Elektrode und zweiter Elektrode
- 50 Masse
- 30 60 Rückenplatte
- 61 Abstandshalter
- 62 ausgesparte Frontplatte
- 62a Leiterstreifen
- 63 Bohrung

Patentansprüche:

1. Kapazitiver Sensor mit einem Verstärker (1) zur Detektion des Füllstandes eines Mediums (35) in einem Behälter (30) mit nichmetallischer Behälterwand (31), gekennzeichnet durch
- 5 eine erste Elektrode (11), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist und gegenüber Masse (50) mit einer ersten Kapazität (21) behaftet ist, so daß der Eingang (3) des Verstärkers (1) kapazitiv belastet ist, wobei die Elektrode (11) so angeordnet ist, daß das durch das Signal (2)
- 10 zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) entstehende elektrische Feld (41) im wesentlichen durch den Behälter (30) und das Medium (35) verläuft, so daß die Größe der ersten Kapazität einerseits mit zunehmendem Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) anwächst und andererseits durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) beeinflußt ist,
- 15 eine zweite Elektrode (12), die an den Ausgang (4) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, und
- eine dritte Elektrode (13), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist,
- wobei sich die zweite Elektrode (12) und die dritte Elektrode (13) in einem
- 20 Abstand zueinander befinden und so positioniert sind, daß zwischen ihnen eine zweite Kapazität (22) besteht, deren Größe wesentlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) und nur unwesentlich durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflußt ist und die eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) darstellt,
- 25 und ferner umfassend einen Kondensator (24a), der eine dritte Kapazität (24) aufweist, deren Größe im Wesentlichen weder durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) noch durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflusst ist, wobei die eine Elektrode (14) des Kondensators (24a) an den Ausgang (4) und die andere Elektrode (15) des Kondensators (24a)
- 30 an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, so daß der Kondensator (24a) parallel zu der zweiten Kapazität (22) ebenfalls eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) darstellt,
- wobei die Kapazität (24) des Kondensators (24a) so gewählt ist, daß der Verstärker (1) aufgrund der kapazitiven Rückkopplung nur dann oszilliert,
- 35 wenn der Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) und damit die erste

Kapazität (21) jeweils unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen, wobei die zweite Kapazität (22) dem den Eingang (3) des Verstärkers (1) belastenden kapazitiven Einfluß des Behälters (30) entgegenwirkt, so daß der kapazitive Einfluß des Behälters (30) reduziert ist.

5

2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (11) und die dritte Elektrode (13) zusammenfallen und somit eine erste kombinierte Elektrode (11a) bilden.

10 3. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (11) und die verstärkereingangsseitige Elektrode (15) des Kondensators (24a) zusammenfallen und somit eine kombinierte Elektrode bilden.

15 4. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (11), die dritte Elektrode (13) und die verstärkereingangsseitige Elektrode (15) des Kondensators (24a) zusammenfallen und somit eine zweite kombinierte Elektrode (11b) bilden.

20 5. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode (12) und die verstärkerausgangsseitige Elektrode (14) des Kondensators (24a) zusammenfallen und somit eine dritte kombinierte Elektrode (12b) bilden.

25 6. Sensor nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite kombinierte Elektrode (11b) und die dritte kombinierte Elektrode (12b) mechanisch starr miteinander verbunden sind.

7. Sensor nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite kombinierte Elektrode (11b) und die dritte kombinierte Elektrode (12b) konzentrisch angeordnet sind.

30

8. Sensor nach Anspruch 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die dritte kombinierte Elektrode (12b) eine erste Platte (60) und eine ausgesparte zweite Platte (62) aufweist, die mittels eines Leiters (61) mit der ersten Platte (60) verbunden ist, in einem Abstand von der ersten Platte (60) und konzentrisch zu
35 dieser angeordnet ist, wobei die zweite kombinierte Elektrode (11b) in einer

Ebene mit der ausgesparten zweiten Platte (62) liegt und innerhalb der Aussparung angeordnet ist.

5 9. Sensor nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Platte (60) auf einer Seite einer Leiterplatte und die ausgesparte zweite Platte (62) und die zweite kombinierte Elektrode (11b) auf der anderen Seite der Leiterplatte aufgebracht sind.

10 10. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor Teil einer Schaltung ist, die ein Schaltsignal liefert, wenn der Verstärker (1) nicht oszilliert.

15 11. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Verstärker (1) durch seine Dimensionierung in einen hohen Arbeitsfrequenzbereich gebracht ist, wobei aufgrund des hohen Arbeitsfrequenzbereiches der kapazitive Blindwiderstand der Kopplung der Elektroden (11,12,13) zum Medium (35) soweit reduziert wird, daß dünne Anhaftungen oder Schäume des Mediums (35) aufgrund ihres geringeren Leitwertes vom kompakten Medium mit seinem höheren Leitwert deutlich unterscheidbar sind, wobei bei einem Füllstand des
20 Mediums unterhalb einer vorgegebenen Schwelle, jedoch bei Vorliegen von Anhaftungen oder Schaum oberhalb der Oberfläche des Mediums bzw. dieses Füllstandes des Mediums die Belastung des Eingangs (3) des Verstärkers (1) durch den ohmschen und kapazitiven Widerstand zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) so beeinflußt ist, daß der Verstärker (1) oszilliert.

25

12. Sensor nach einem der Ansprüche 1-11, dadurch gekennzeichnet, daß eine Elektrode des Sensors aus einer Mehrzahl von miteinander verbundenen Elektroden besteht.

30 13. Sensor nach einem der Ansprüche 1-12, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Elektrode im Inneren des Behälters (30) angeordnet ist und bei Überschreiten eines bestimmten Füllstandes in das Medium (35) eintaucht.

14. Sensor nach einem der Ansprüche 1-13. dadurch gekennzeichnet, daß der Sensor im Inneren des Behälters (30) angeordnet ist und bei Überschreiten eines bestimmten Füllstandes in das Medium (35) eintaucht.

5 15. Kapazitiver Sensor für den Füllstand eines Mediums (35) in einem Behälter (30) mit nichmetallischer Behälterwand (31), umfassend einen Verstärker (1) mit einem Verstärkungsfaktor größer als 1, weiter umfassend eine erste Elektrode (11), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist und gegenüber Masse (50) mit einer ersten Kapazität (21) behaftet ist, so daß der
10 Eingang (3) des Verstärkers (1) kapazitiv belastet ist, was eine Verkleinerung eines am Eingang (3) des Verstärkers (1) anliegenden Signals (2) bewirkt, wobei die Elektrode (11) so angeordnet ist, daß das durch das Signal (2) zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) entstehende elektrische Feld (41) im wesentlichen durch den Behälter (30) und das Medium (35) verläuft, so daß die Größe
15 der ersten Kapazität mit zunehmendem Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) anwächst, weiter umfassend eine zweite Elektrode (12), die an den Ausgang (4) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, und eine dritte Elektrode (13), die an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, wobei sich die Elektroden (12) und (13) in einem Abstand zueinander befinden und so
20 positioniert sind, daß zwischen ihnen eine zweite Kapazität (22) besteht, deren Größe wesentlich durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) und nur unwesentlich durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflusst ist und die eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) bewirkt, was eine Vergrößerung eines am Eingang (3) des Verstärkers (1) anliegenden
25 Signals (2) bewirkt, und ferner umfassend einen Kondensator (24a), der eine dritte Kapazität (24) aufweist, deren Größe im wesentlichen weder durch die kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) noch durch den Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) beeinflusst ist, wobei die eine Elektrode (14) des Kondensators (24a) an den Ausgang (4) und die andere Elektrode (15) des Kondensators (24a) an den Eingang (3) des Verstärkers (1) angeschlossen ist, so daß
30 der Kondensator (24a) parallel zu der zweiten Kapazität (22) ebenfalls eine kapazitive Rückkopplung des Verstärkers (1) bewirkt, was eine weitere Vergrößerung des am Eingang (3) des Verstärkers (1) anliegenden Signals (2) bewirkt, wobei die Kapazität (24) des Kondensators (24a) so gewählt ist, daß der
35 Verstärker (1) aufgrund der kapazitiven Rückkopplung nur dann oszilliert,

wenn der Füllstand des Mediums (35) im Behälter (30) und damit die erste Kapazität (21) jeweils unterhalb einer bestimmten Schwelle liegen, wobei als Verstärker (1) ein Verstärker mit einer solchen Eigenfrequenz verwendet wird, daß die Belastung des Eingangs (3) des durch den ohmschen und kapazitiven Widerstand zwischen der Elektrode (11) und Masse (50) so beeinflusst ist, daß der Verstärker (1) oszilliert, wenn der Füllstand des Mediums (35) in dem Behälter (30) unterhalb dieser Schwelle liegt und die Innenseite der Wand (31) des Behälters (30) oberhalb der Oberfläche (36) des Mediums (35) mit einer Schicht (37) des Mediums (35) behaftet ist oder wenn oberhalb der Oberfläche (36) des Mediums (35) Schaum vorliegt, wobei die zweite Kapazität (22) so gewählt ist, daß der Verkleinerung des Signals (2) durch die kapazitive Belastung des Eingangs (3) des Verstärkers (1) allein aufgrund der kapazitiven Eigenschaften des Behälters (30) entgegengewirkt wird durch die Vergrößerung des Signals (2), die durch die kapazitive Rückkopplung allein aufgrund der zweiten Kapazität (22) verursacht wird, wobei die erste Elektrode (11), die dritte Elektrode (13) und die verstärkereingangsseitige Elektrode (15) des Kondensators (24a) zusammenfallen und eine scheibenförmige zweite kombinierte Elektrode (11b) bilden, die als Leiterbahn auf einer ersten Seite einer Leiterplatte ausgebildet ist, und wobei die zweite Elektrode (12) und die Elektrode (14) des Kondensators (24a) zusammenfallen und eine dritte kombinierte Elektrode (12b) bilden, die mit der zweiten kombinierten Elektrode (11b) mechanisch starr verbunden ist und die eine scheibenförmige erste Platte (60), die als Leiterbahn auf der anderen Seite der Leiterplatte ausgebildet ist, und eine ringförmig ausgesparte zweite Platte (62) aufweist, die in einer Ebene mit der zweiten kombinierten Elektrode (11b) liegt und diese konzentrisch umgibt und als Leiterbahn auf der ersten Seite der Leiterplatte ausgebildet ist und konzentrisch zu der ersten Platte (60) angebracht ist, und weiter umfassend eine Schaltung, die ein Schaltsignal liefert, wenn der Verstärker (1) nicht oszilliert.

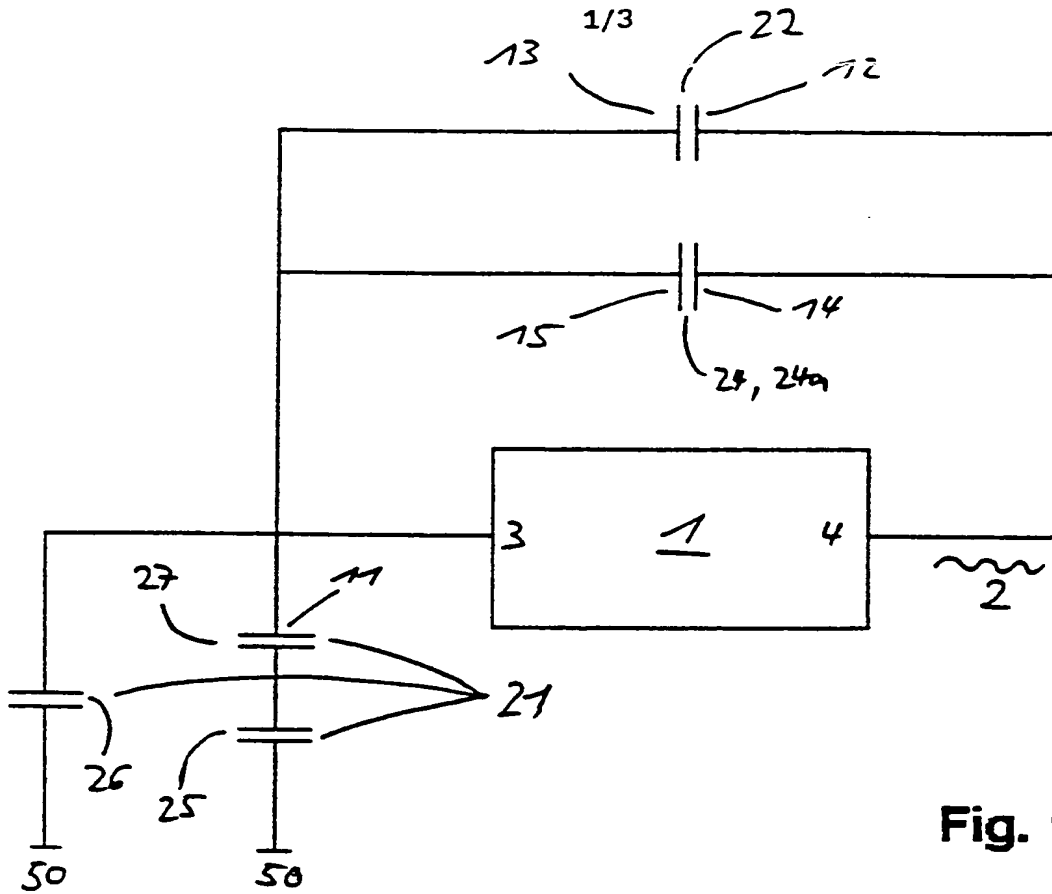


Fig. 1

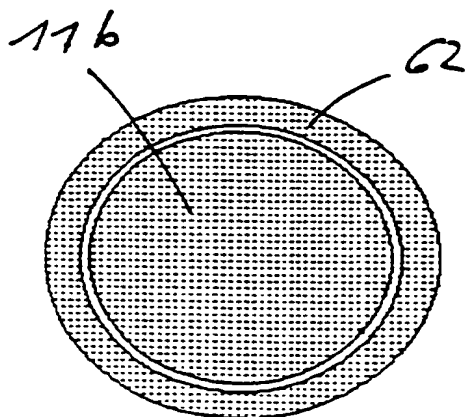


Fig. 6

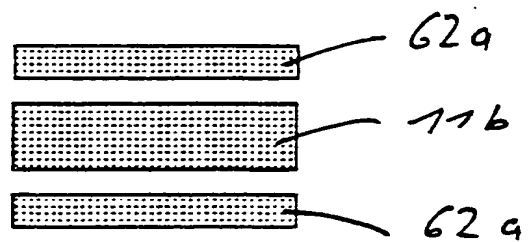


Fig. 7

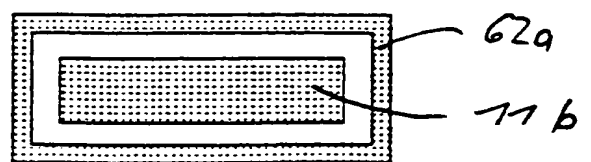
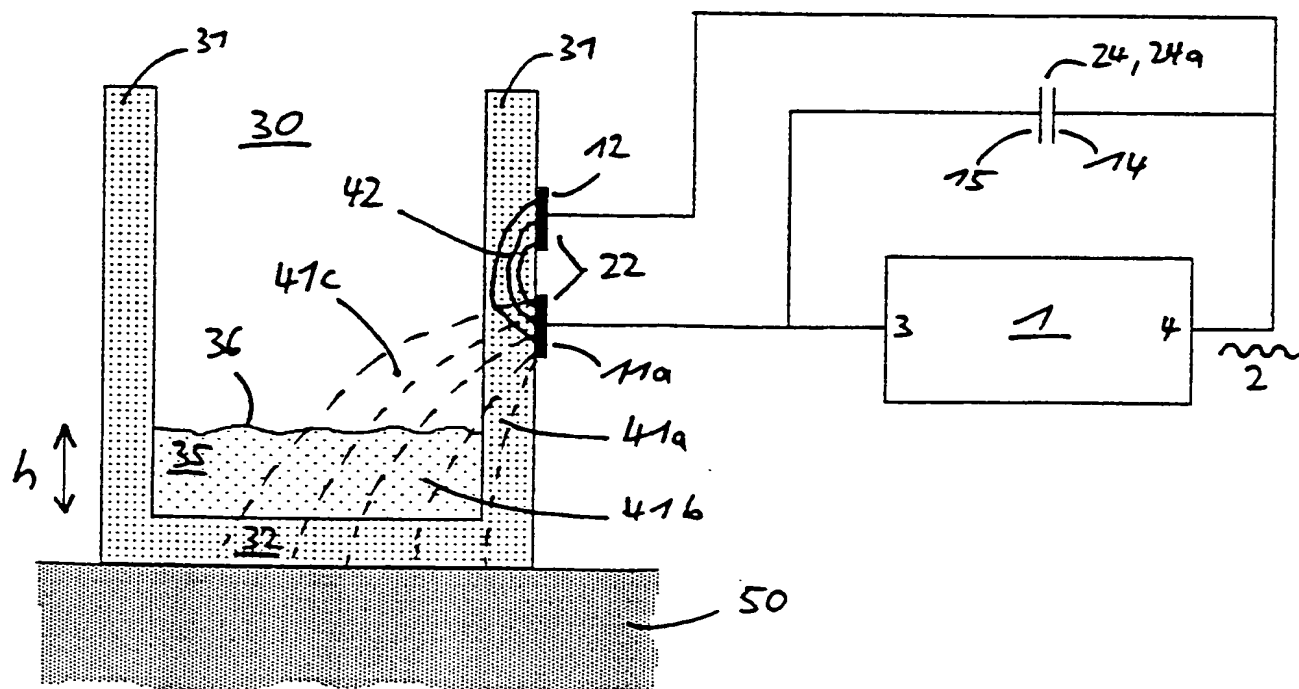
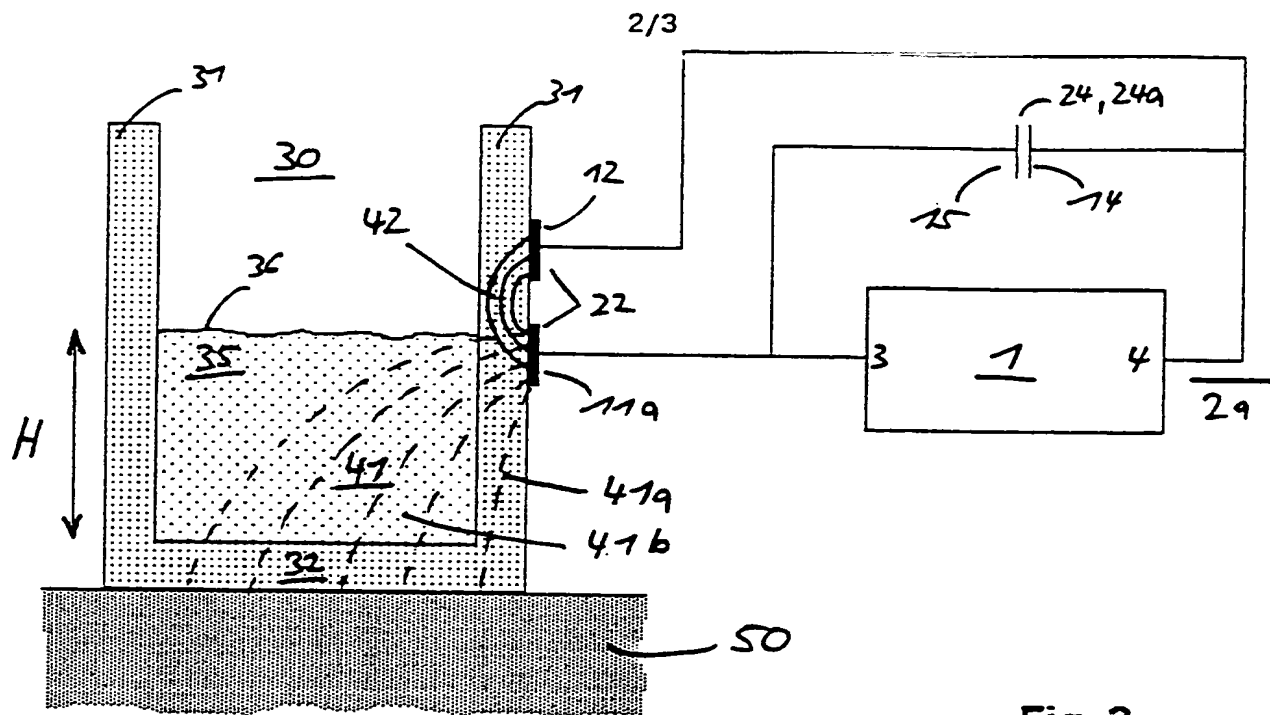


Fig. 8



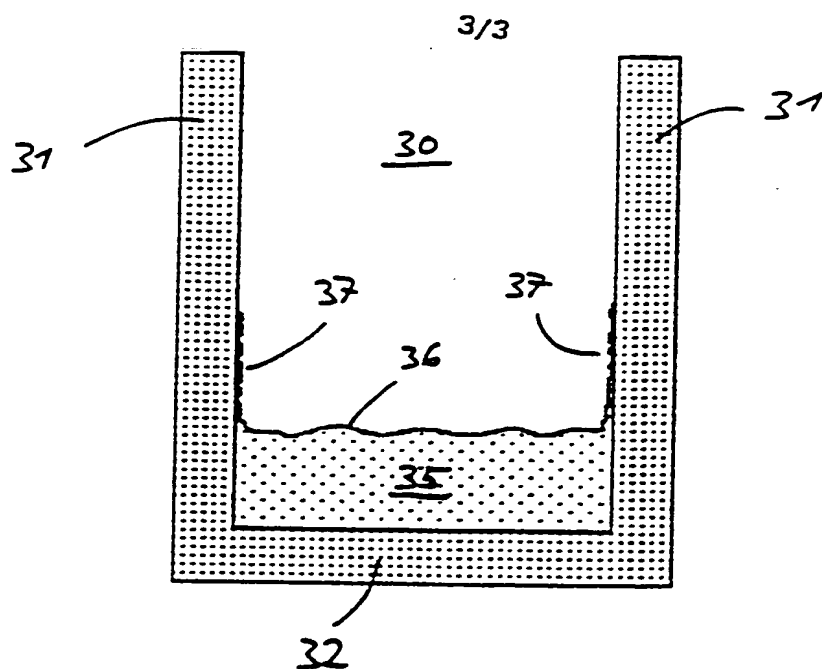


Fig. 4

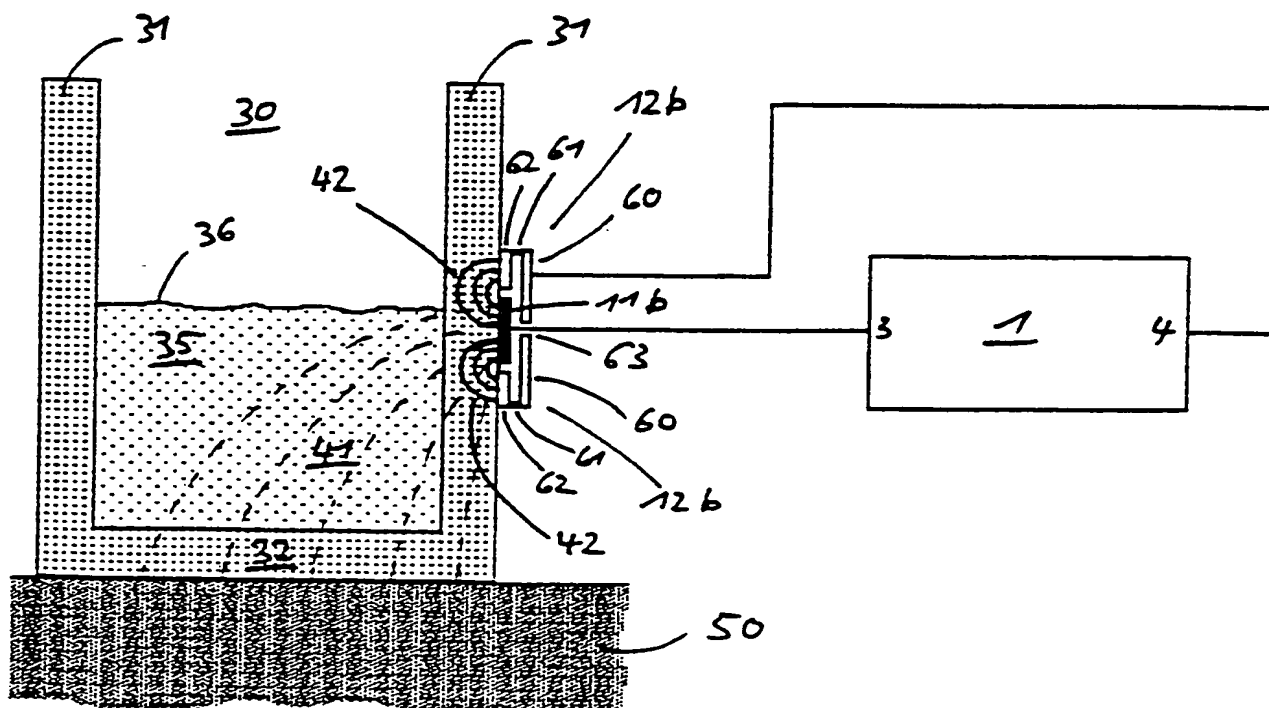


Fig. 5